

Rozhraní s mozkem

Ted' jen nepomyslet na nic špatného...

... jinak kurzor skočí na nesprávné místo. PC se dnes totiž dá ovládat silou pouhé myšlenky. Cílem výzkumníků je však přímo počítač s „mozkem“.

Text: Manfred Flohr, autor@chip.cz

Jako kdyby to bylo ta největší nehoráznost, jakou si vědec dokáže představit. Profesor Peter Fromherz opakuje větu hned dvakrát a zdůrazňuje přitom každé jednotlivé slovo: „Nikdo neví, jak mozek funguje“. V jeho hlasu zaznívá zklamání ze skutečnosti, že se dodnes nikomu nepodařilo objasnit ani základy procesu myšlení. Fromherz je ředitelem Institutu Maxe Placka (MPI) pro biochemii v Martinsriedu u Mnichova – a také mužem, který má své vize: Až jednou přesně poznáme, jak pracují naše šedé buňky, otevře se cesta k fantastickým aplikacím.

Čtení myšlenek pomocí koupací čepice

Ale i to, co je možné už dnes, je neuvěřitelné – člověk dokáže ovládat počítač jen silou myšlenky. Probíhá to takto: Nejprve se změří aktivita mozku. Vědci ve Fraunhoferově institutu pro počítačovou architekturu a softwarovou techniku (FIRST) v Berlíně k tomu používají snímací zařízení připomínající koupací čepici se 128 elektrickými vývody. Tzv. Brain-Computer Interface (BCI) pak myšlenky testované osoby převádí na řídicí signály pro PC. Když s těmito experimenty skupina kolem profesora Klause-Roberta Müllera před několika lety začínala, byla to spíše velká opovržlivost provázená spoustou námahy. Zkušební osoby musely dlouho a dlouho trénovat, než se na displeji začalo něco dít. Až po více než sto hodinách usilovného tréninku se kurzor dával trhavě do pohybu.

Dnes tato počáteční fáze trvá jen nějakých 20 minut – a vědci už také nehovoří o tréninku, ale o „kalibrování systému“. Dvě třetiny pokusných osob dokážou po této krátké přívykové fázi libovolně posunovat kurzor po obrazovce čistě svou vůlí, a dokonce hrát jednoduché videohry, jako je například počítačový tenis Pong. Původní přenosová rychlost vzrostla na více než desetinásobek. Průlom způsobili berlínští výzkumníci, když proces učení přesunuli z člověka na stroj: proband se už nemusí pokoušet myslet tak, aby mu rozuměl počítač – naopak, počítač je vybaven algoritmy, které mu umožňují rozpoznat význam myšlenkových vzorů.

Otisky čtení

Elektrody v čepici snímají tisíckrát za sekundu potenciály z pokožky hlavy a předávají je počítači k dalšímu zpracování. Na monitoru je zpo-

čátku vidět „všechno a nic“: zdánlivě zcela zašuměný signál, který zachycuje nejen pokusy pohnout kurzorem, ale hned veškerou mozkovou aktivitu. „Měří se tak vlastně superpozice všech smyslových vjemů, navíc přizdobená 50hertzovým šumem střídavého proudu a dalšími fyziologickými signály, které nelze potlačit: tlukot srdce, pohyby svalů, mrkání očí a podobně,“ vysvětluje Müller. Díky spolupráci s lékaři z berlínské Charité se vědcům Fraunhoferova institutu podařilo v této směsici najít charakteristické znaky „myšlenkových“ signálů.

Pro interpretaci neurofyziologických signálů nasazují vědci teorie strojového učení, které jsou založeny na neuronálních sítích. V rozhraní BCI klasifikuje tzv. „Support-Vektor-Maschine“ naměřené křivky například podle toho, zda znamenají pohyb levé nebo pravé ruky. Poté, co proband psal 20 minut na klávesnici – jednou vlevo, jednou vpravo –, počítač z hodnot EEG vypočítá funkci, která data rozřídí na „levá“ a „pravá“. Měření také ukazují, jaké aktivity v mozku předcházejí pohybu. Mozkové proudy prozradí už půl sekundy předem, zda člověk například zamýšlí pohnout levou či pravou rukou. Z diagramů poznají vědci všechno, co se děje v kortexu neboli v kůře velkého mozku. „Tady sbíráme otisky čtení,“ říká Müller. Zároveň ale také poukazuje na hranice čtení myšlenek – například myšlené telefonní

číslo se v naměřených křivkách neobjeví.

V Berlíně však mohou posloužit také jiným ohromujícím experimentem. Řada pokusných osob složená z profesionálních hudeb-

níků a muzikálních laiků měla za úkol poznat, zda jsou přehrávané melodie v dur, či v moll. Podle očekávání se to lépe dařilo muzikantům. Mozkové proudy však prozradily ještě něco jiného: laici rozpoznávali oba druhy stupnic právě tak spolehlivě jako profesionálové, avšak při dalším zpracování v mozku u nich zřejmě cosi probíhá odlišně.

Myšlenky zrychlují počítač

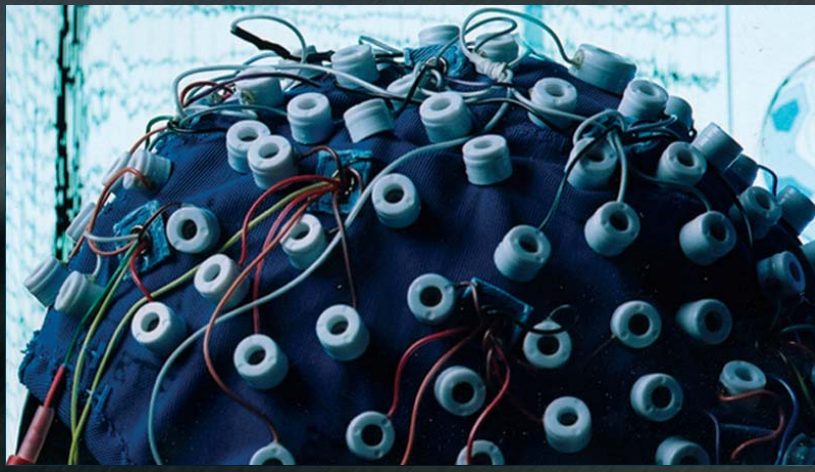
Vědci z americké Columbia University už tento jev využívají pro zefektivnění interakce mezi člověkem a počítačem. Jak zjistili, databanky obrázků je možné prohledávat daleko rychleji, pokud se do tohoto procesu zapojí elektrické impulzy mozku. Jestliže například policejní →

Neurocomputer by mohl být rychlejší než kvantový počítač.

Profesor Peter Fromherz, MPI Biochemie

Jak je to prosté: Ovládání počítače silou myšlenky

Klidně sedět a myslet na to, jak se pohybuje kurzor po obrazovce - nic víc proband nemusí dělat, aby dokázal počítač řídit. Za tím účelem má na hlavě čepici prošíkovanou 128 elektrodami, která snímá jeho elektroencefalogram (EEG) a kabelem jej přenáší do počítače. Změny napětí na povrchu hlavy odrážejí elektrickou aktivitu mozku. Různé myšlenky se přitom projevují různými obrazy na displeji. Po krátké kalibraci za asistence instruktora se počítač naučí „číst myšlenky“.



→ úředník při vyhodnocování snímků v kartotéce narazí na zajímavou fotografii, je to pak zaregistrováno asi desetkrát rychleji než při vědomém rozpoznávacím procesu, který policista posléze potvrdí kliknutím myši. Tímto způsobem lze také zlepšit rentgenovou kontrolu zavazadel na letištích - jakmile lidský mozek zaznamená něco podezřelého, okamžitě je vygenerován impuls.

Jak ukazují pokusy berlínských vědců, BCI lze využít i při hraní počítačových her. V Silicon Valley už dva nově založené podniky pracují na odpovídajících přístrojích. Firma Cyber Learning dodává svou za tím účelem vyvinutou přilbu prozatím lékařům, kteří se zabývají poruchami pozornosti u dětí. Profesor Müller se sice pomocí BCI rovněž snaží rozhraní člověk-stroj zdokonalit, současnou dobu však dosud nepovažuje za zralou pro komerční hry: „Bylo by neúnosné, kdyby třetina zákazníků produkt vracela, poněvadž mentální kontakt s počítačem nedokázala navázat.“

K praktickému nasazení má zatím poměrně daleko také projekt firmy Honda pro myšlenkové řízení robotů. Jejich „Brain Machine Interface“ zatím dokáže, aby robot napodobil pohyb ruky testovací osoby. I zde jsou řídicí signály generovány myšlenkami člověka. Odlišnost - a to je zatím nevýhoda této metody - spočívá

v tom, že mozkové aktivity jsou detekovány pomocí NMR tomografie, a pokusná osoba proto musí „do roury“. Tam se přitom neměří nervové impulsy, ale sleduje se průtok krve v cévách. Proto trvá několik sekund, než ruka robota zareaguje.

Honda ovšem věří, že pomocí podobného rozhraní bude schopna řídit roboty jako Asimo - během pěti až deseti let. Není vyloučeno, že se do té doby podaří ovládat myšlenkami i některé funkce automobilu. Klaus-Robert Müller však pro nasazení v autě přemýšlí především o monitoringu: systém by mohl v reálném čase rozpoznat například

přetížení řidiče. Přinejmenším pro tyto oblasti si Müller přeje jiná rozhraní, než je „koupací čepice“ převzatá z neurologie - třeba baseballové čapky s citlivými bezdotykovými senzory.

Jeho současní probandi si po každém testu musí z vlasů vymývat gel zvyšující vodivost. To je ovšem ještě pořád nevinná selanka proti pokusům v USA - na Brownově univerzitě v Providence po mnoha pokusech s opicemi poprvé implantovali čip do mozku také člověku.

Jako ve Frankensteinově laboroři

Na videu zaznamenaná scéna z laboratoře profesora Johna Donoghuea přímo vyvolává asociace s klasickým filmovým hororem. Na židli bez pohnutí sedí 25letý Matthew Nagle. V hlavě má zásuvku, z níž vede jako prst silný kabel. Vedle pacienta leží ruční protéza, která se náhle začíná hýbat. Před třemi roky ochrnutý Nagle v tomto spektakulárním pokusu pohybuje umělou rukou prostřednictvím myšlenek. Čtyři čtvereční milimetry velký čip, tzv. „brain gate“, v jeho kortexu je skrz malý otvor v lebeční kosti prostřednictvím stovky zlatých drátů

připojen k počítači. Senzory však nedetekují jenom úmysly pohnout rukou. Podobně jako u berlínského BCI může pacient tímto způsobem ovládat také počítač.

Profesor Müller z Fraunhoferova institutu se však na invazivní kontakt k mozku dívá skepticky. Podle něho takový zákrok přináší riziko infekce nebo poškození mozku a přitom nepřináší žádné výrazné výhody oproti neinvazivní technice s EEG. Dosažené přenosové rychlosti i úspěšnost se pohybují ve stejné oblasti.

Počítačový čip s mozkem

S americkým brain gate nemá neuročip vyvinutý v MPI v Martinsriedu téměř nic společného. Pro profesora Petera Fromherze, jenž se dnes →

V budoucnu možná budeme počítač obsluhovat v baseballové čepici.

Profesor Klaus-Robert Müller, Fraunhofer FIRS

Dálkové ovládání: Mozek řídí roboty

Žena v dutině tomografu koná rukou různé pohyby. Přitom jsou měřeny hemodynamické reakce mozku, tedy průtok krve cévním systémem. Z naměřených hodnot generují technici řídicí signály pro robotickou ruku od firmy Honda a ta pak pohyby lidské ruky bez jakéhokoliv vizuálního kontaktu napodobuje.



→ zdá být na stopě základním souvislostem, stále zůstává záhadou, jak mohou být upotřebitelné výsledky produkované metodami, které sbírají průměrné hodnoty jen v několika bodech příslušných mozkových oblastí. „Co se tam skutečně děje, není vidět,“ říká. Avšak se svým výzkumným týmem je právě na dobré cestě tento stav změnit.

Přispívá k tomu i biofyzik Armin Lambacher, který právě na monitoru pozoruje, jak se oblak drobných modrých bodů obloukovitě rozšiřuje. „Zde můžeme do jisté míry přihlížet, jak v mozku probíhá myšlení,“ objasňuje svou činnost. Jde o vyhodnocení pokusu s tenoučkým řezem z krysího hipokampu. Informace, které mozek savců přijme, jsou nejprve přechodně uloženy do této oblasti a teprve později natrvalo zapsány do jiných částí mozku. Jestliže jednou poznáme, jak hipokampus informace zpracovává, mohlo by to být, jak doufají vědci, klíčem k pochopení celého našeho mozku.

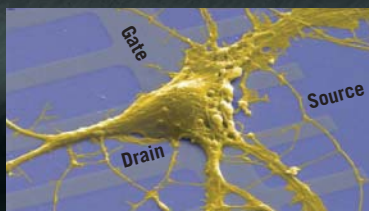
Pohyblivé obrázky na monitoru znázorňují v časové lupě to, co v reálném čase proběhne během několika tisícín sekund: šíření elektrických signálů v určité oblasti mozku. Kultivovaný plátek krysího mozku leží na neuročipu, jehož sensorové pole, velké pouhý čtvereční milimetr, je osazeno 16 000 tranzistorů. Ty mohou nejenom měřit signály jednotlivých buněk, ale také je elektricky stimulovat.

Neuronální počítače: Za 200 let, nebo dříve?

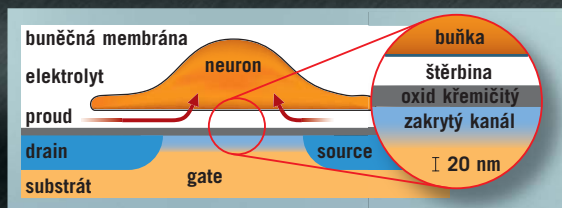
Nyní vědci hledají odpovědi na mnoho otevřených otázek. Například stále není jasné, zda je podstatné zpracování informací založeno na činnosti jednotlivých buněk, nebo jejich skupin. Pracují sousední buňky podobně, nebo se zabývají úplně odlišnými informacemi? Jsou sousedící buňky vzájemně nezávislé? „Zkoumat tyto vztahy je přišer- ně nudné,“ beduje Peter Fromherz. Naštěstí už má dnes k dispozici →

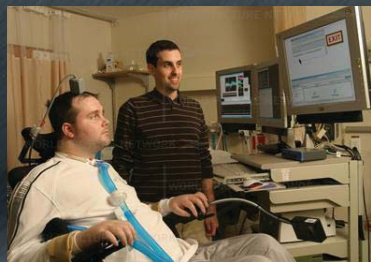
Komunikativnost: Nervové buňky si povídají s počítačovými čipy

Dostaveníčko biologie s elektronikou: Neuron z krysího mozku byl v MPI pro biochemii osm dní kultivován - na mřížce z tranzistorů, sestávajících z obvyklých elementů source, gate a drain.



Schematický průřez znázorňuje princip komunikace mezi buňkou a čipem. Během akčního potenciálu neuronu protéká elektrický proud buněčnou membránou a štěrbinou mezi buňkou a čipem. Změny napětí modulují proud, který teče v tranzistoru mezi elektrodami source a drain.





Čip v hlavě

Ochrnutý Matthew Nagle kreslí kurzorem po obrazovce - svými myšlenkami.

→ instrument, který to všechno dokáže systematicky probádat. Počítač mu totiž ukáže „schéma zapojení“ mozku a zviditelní biologické sítě. Badatelé teď chtějí různými signály dráždit odlišné mozkové regiony a pozorovat jejich účinky. Zvětšuje se také rozlišení - další generace neuročipu je dvakrát větší než její předchůdkyně.

A rýsují se i možnosti praktických aplikací. Už brzy snad bude neuročip nasazen pro screening medikamentů, čímž by se například dalo testovat působení nových psychofarmak. Myšlenka vychází z pozorování, že určité substance mění u mozkových řezů naměřené hodnoty.

Z celého vývoje by pak mohli mít užitek i lidé s tělesným postižením. Než se ale podaří pomocí neuročipu řídit i protézy, bude ještě zapotřebí mnoho základního výzkumu.

Nejsmělejší vizí Petera Fromherze je však představa zcela nového počítače. Ten by jednoho dne mohl navzájem spojit digitální počítání s neurodynamikou a fungovat tak jako živý mozek. Podle Fromherzova odhadu by pak mohl být rychlejší než kvantový počítač. Nenajdeme v něm už ale žádné buňky ve sklenicích a čipy s biologickým povlakem. Počítač nebude obsahovat mozek, ale bude jen technicky napodobovat jeho funkce.

Jak biofyzik odhaduje, za zhruba padesát roků by mohlo být možné vyrábět umělé buňky. A za 200 let pak budou lidé sedět u neuropočítačů a posmívat se počítačům dneška. Ale Peter Fromherz už se také zmýlil - mnoho věcí šlo kupředu rychleji, než původně předpokládal. ■ ■ ■

ODKAZY

Brownova univerzita:

<http://donoghue.neuro.brown.edu>

Vyzkoumáno: Jak myslí krysy

Tenký plátek z krysího mozku je uložen ve skleněné misce s neuročipem na dně. V jeho středu je umístěna mřížka z 16 384 tranzistorů, které zprostředkují kontakt mezi buňkami a počítačem. Mřížka zobrazuje na monitoru obloukový tvar průřezu hipokampem. Je-li vzorek u spodního okraje stimulován záporným napětím, šíří se mozkovou tkání modrý obláček bodů a ukazuje tak komunikaci tisíců buněk.

